

## УСТАНОВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯТОРОВ ПРИ НАГНЕТАТЕЛЬНО-ВСАСЫВАЮЩЕМ СПОСОБЕ ПРОВЕТРИВАНИЯ ШАХТ ЮЖНОГО КУЗБАССА

А. М. ПРИМЫСКИЙ

(Представлено научным семинаром кафедр разработки пластовых месторождений, разработки рудных месторождений, шахтного строительства, техники безопасности и рудничной вентиляции)

Нагнетательно-всасывающий способ проветривания шахт в последнее время находит все более широкое распространение в Кузбассе, особенно в Прокопьевско-Киселевском районе, где в настоящее время этим способом проветривается 42% шахт. Значительное распространение нагнетательно-всасывающего способа проветривания объясняется рядом преимуществ его в сравнении с другими способами. Одним из основных достоинств данного способа проветривания является уменьшение опасности возникновения эндогенных пожаров в результате снижения величины действующего напора, а следовательно, и величины потерь воздуха. Действующим напором называют разность давлений воздуха между поверхностью и выработками шахты [1]. Снижение величины действующего напора, конечно, не устраняет полностью потери воздуха на поверхность через трещины и провалы, но регулировать величину и распределение общих потерь воздуха при нагнетательно-всасывающем способе вполне возможно. Это регулирование может быть осуществлено надлежащим подбором режимов работы нагнетательного и всасывающих вентиляторов в отношении величины развиваемых ими депрессий.

Рациональными режимами работы вентиляторов следует считать такие режимы, при которых достигаются наилучшие технико-экономические показатели проветривания шахты. Основными из этих показателей являются: 1) величина потерь воздуха, зависящая от величины действующего напора, особенно в пределах выемочных участков; 2) устойчивость работы всасывающих вентиляторов; 3) расход энергии вентиляторами. Значение показателей при прочих равных условиях зависит от соотношения компрессии нагнетательного и депрессий всасывающих вентиляторов.

При нагнетательно-всасывающем способе проветривания компрессия нагнетательного вентилятора в определенной точке уменьшается до нуля и далее переходит в депрессию. Действующий напор в данной точке равен нулю, и эта точка в дальнейшем будет называться „нулевой“, а зона, прилегающая к ней, — зоной „нулевого“ давления.

Для установления рациональных режимов работы вентиляторов достаточно найти наивыгоднейшее местоположение „нулевой“ точки, которое зависит от величины депрессий, развиваемых нагнетательными и всасывающими вентиляторами. Для установления наивыгоднейшего местоположения „нуля“ необходимо сделать анализ различных вариантов местоположения „нулевой“ точки.

Необходимо отметить, что в Кузбассгипрошахте (КГПШ) при составлении проекта реконструкции вентиляции шахты Красногорской производился анализ систем проветривания применительно к условиям этой шахты. В этом же анализе делается попытка установить рациональные режимы работы вентиляторов. Выводы, сделанные в проекте, на первый взгляд кажутся правильными и технически осуществимыми, несмотря на ряд трудностей.

Эти выводы в части, касающейся режимов работы вентиляторов, в основном состоят в следующем.

1. Режимы работы вентиляторов при нагнетательно-всасывающем способе проветривания шахты должны устанавливаться такими, чтобы нагнетательный вентилятор обеспечивал подачу воздуха до наиболее удаленного, труднопроветриваемого участка, т. е. до участка, потеря депрессии до которого имеет максимальное значение.

2. Компрессию, возникшую при этом на других участках и недопустимую Правилами безопасности, рекомендуется поглощать с помощью дополнительных сопротивлений—„окон“, устанавливаемых на откаточных штреках участков.

Нами было проведено экспериментальное исследование нагнетательно-всасывающего способа проветривания на электрической модели для расчета вентиляционных сетей шахт в „лаборатории рудничной вентиляции и борьбы с пылью в шахтах“ ИГД АН СССР. При этом анализировались различные варианты режимов работы вентиляторов, исследовалась возможность установления зон „нулевого“ давления на всех очистных участках с помощью „окон“ на откаточных штреках, а также возможность регулирования местоположения зоны „нулевого“ давления и другие вопросы.

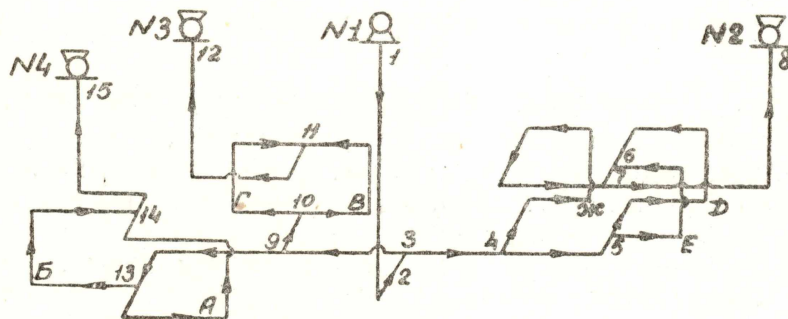


Рис. 1. Схема вентиляции шахты.

На электрической модели собиралась схема вентиляции шахты, представленная на рис. 1. Требуемое распределение воздуха в  $\text{м}^3/\text{сек}$ :  $Q_{\text{общ}}=72,8$ ;  $Q_{5-E}=10,9$ ;  $Q_{5-D}=10,9$ ;  $Q_{4-Ж}=9,2$ ;  $Q_{10-B}=10,9$ ;  $Q_{10-Г}=10,9$ ;  $Q_{13-A}=12,7$ ;  $Q_{13-B}=7,3$ .

По исходным данным были выбраны вентиляторы: № 1—ОВ—2,4,  $n=750$ ,  $\theta=25^\circ$ ; № 2—ОВ—1,8,  $n=750$ ,  $\theta=25^\circ$ ; № 3—ОВ—1,8,  $n=750$ ,  $\theta=20^\circ$ ; № 4—ОВ—1,4,  $n=1000$ ,  $\theta=30^\circ$ .

После определения параметров источников тока, моделирующих вентиляторы, и сборки электрической схемы вентиляционной сети



(рис. 2) измерялись параметры источников тока при совместном включении их в сеть, а также распределение токов и потенциалы в разных точках сети относительно точки „а“. Параметры источников тока и параметры соответствующих вентиляторов приведены в табл. 1.

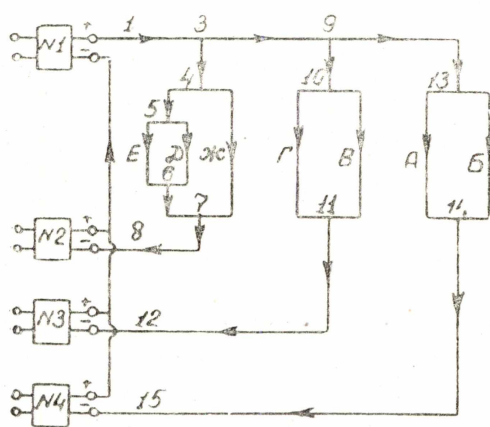


Рис. 2. Электрическая схема вентиляционной сети шахты.

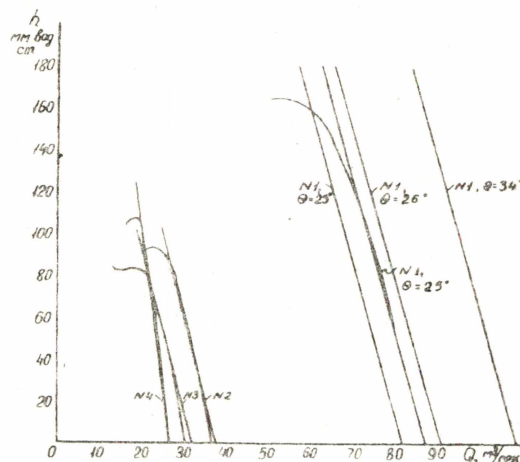


Рис. 3. Характеристика вентиляторов и источников тока, моделирующих вентиляторы.

Таблица 1

Параметры источников тока			Параметры вентиляторов		
№ источников	$I, \text{ма}$	$V, \text{в}$	№ вентиляторов	$Q, \text{м}^3/\text{сек}$	$h, \text{мм вод. ст.}$
1	7,67	38,2	1	76,7	76,4
2	3,16	23	2	31,6	46
3	2,3	34,3	3	23,0	68,6
4	2,18	37,3	4	21,8	74,6

Примечание. Принятые масштабы моделирования:  $1 \text{ в} = 2 \text{ мм вод. ст.}$ ;  $1 \text{ ма} = 10 \text{ м}^3/\text{сек.}$

На рис. 3 приведены характеристики выбранных вентиляторов и характеристики источников тока (прямые линии), моделирующих вентиляторы. Как видно из табл. 1 и рис. 3, моделирование вентиляторов произведено удовлетворительно, а их производительности обеспечивают требуемые количества воздуха.

Включив все источники тока, устанавливаем зону „нулевого“ потенциала („нулевого“ давления) в точках В и Г, повышая э. д. с. источника № 1 при том же внутреннем сопротивлении его. При „нулевом“ действующем напоре в точках В и Г значения действующих напоров в других точках следующие (в мм вод. ст.):  $h_{д.Е} = +33,6$ ;  $h_{д.Д} = +33,4$ ;  $h_{д.Ж} = +38,8$ ;  $h_{д.А} = -4,0$ ;  $h_{д.Б} = -1,0$ .

Для избежания компрессии на пластах Д, Е, Ж на участке 3—4 ставилось дополнительное сопротивление—„окно“,  $R_{ок} = 0,029 \text{ кр.}$

После постановки „окна“ режимы работы вентиляторов при совместном включении были: № 1  $Q = 86,8 \text{ м}^3/\text{сек}$ ,  $h = 158,8 \text{ мм вод. ст.}$ ; № 2  $Q = 34,4 \text{ м}^3/\text{сек}$ ,  $h = 26,0 \text{ мм вод. ст.}$ ; № 3  $Q = 27,6 \text{ м}^3/\text{сек}$ ,  $h = 36,4 \text{ мм вод. ст.}$ ; № 4  $Q = 24,4 \text{ м}^3/\text{сек}$ ,  $h = 39,8 \text{ мм вод. ст.}$

Распределение воздуха и действующие напоры в некоторых точках после постановки „окна“ приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, после постановки дополнительного сопротивления на участке 3—4 компрессия на пластах Д, Е и Ж только снизилась и появилась на пластах В, Г и Б. Постановкой большего дополнительного сопротивления можно избежать полностью компрес-

Таблица 2

№ участков	Количество воздуха, <i>м³/сек</i>	№ точек	Действующий напор, <i>мм вод. ст.</i>
1—2	86,6	Е	+13,0
5—Е	11,9	Д	+12,4
5—Д	12,0	Ж	+17,0
4—Ж	10,5	В	+ 7,4
10—В	13,8	Г	+ 7,2
10—Г	13,8	А	+ 3,0
13—А	15,5	Б	+ 6,2
13—Б	8,5		

сии на пластах Д, Е и Ж, но при этом компрессия на пластах Б, В и Г повысится. Это можно объяснить следующим образом. „Окно“ мы поставили в зоне действия нагнетательного вентилятора, в результате чего его компрессия возросла, а количество подаваемого воздуха несколько уменьшилось. Распределение воздуха между крыльями также изменилось: на правое крыло, к вентилятору № 2, пошло меньше воздуха, так как сопротивление правого крыла увеличилось; на левое крыло несколько больше, чем до постановки сопротивления; в результате депрессия вентилятора № 2 повысилась, а депрессии вентиляторов № 3 и № 4 снизились. По этим причинам и произошло уменьшение компрессии на участках правого крыла и повышение абсолютного давления (появилась компрессия) на участках левого крыла.

Таким образом, с помощью „окон“ даже в лабораторных условиях невозможно добиться установления зон нулевого давления на всех очистных участках, и, следовательно, выводы КГПШ, приведенные выше, являются несостоятельными.

Поэтому нами рекомендуется нагнетательному вентилятору устанавливать такой режим работы, при котором нагнетание осуществлялось бы до участка, потеря депрессии до которого имеет наименьшее значение. При этом все другие участки будут находиться в зоне депрессии.

Для условий приводимого выше примера нами анализировались следующие варианты режимов работы ранее выбранных вентиляторов.

I. Нагнетание распространяется примерно до точки 2 (рис. 1).

II. Нагнетание до участка по пласту Ж.

III. Нагнетательный вентилятор развивает компрессию, среднюю по величине между I и II вариантами.

Для каждого из вариантов изменялся угол установки лопаток только нагнетательного вентилятора (I вариант— $\theta = 23^\circ$ , II вариант— $\theta = 26^\circ$ , III вариант— $\theta = 25^\circ$ ), для всасывающих вентиляторов угол установки лопаток и число оборотов колеса не изменялись. В табл. 3 приведены параметры вентиляторов при совместной работе их для трех вариантов режимов.

Распределение воздуха и действующих напоров при названных вариантах приведены в табл. 4.



Таблица 3

№ вентиля- торов	Тип венти- лятора	I вариант			II вариант			III вариант		
		$\eta$	$h$	$Q$	$\eta$	$h$	$Q$	$\eta$	$h$	$Q$
1	ОВ—2,4	0,36	58	73,4	0,45	86,4	78,3	0,42	74	76,3
2	ОВ—1,8	0,5	53	30,4	0,4	38,6	32,6	0,42	44	31,8
3	ОВ—1,8	0,61	74	21,9	0,56	63,2	23,6	0,58	67,2	23,0
4	ОВ—1,4	0,55	81,2	21,0	0,52	69,0	22,0	0,53	72,8	21,5

Таблица 4

№ участков	№ точек	I вариант		II вариант		III вариант	
		$Q$ , м <sup>3</sup> /сек	$h$ , мм вод. ст.	$Q$ , м <sup>3</sup> /сек	$h$ , мм вод. ст.	$Q$ , м <sup>3</sup> /сек	$h$ , мм вод. ст.
1—2	2	73,6	+ 9,4	78,2	+30,6	76,3	+21,6
3—4	3	30,5	— 3,0	32,6	+17,0	31,8	+ 9,0
4—5	4	21,2	—15,4	22,7	+ 3,0	22,0	— 4,4
5—Е	5	10,7	—19,2	11,3	— 1,2	11,0	— 8,4
5—Д	Е	10,4	—21,4	11,1	—0,36	10,9	—10,4
6—7	Д	21,2	—21,4	22,7	—0,36	22,0	—10,6
7—8	6	30,5	—26,0	32,6	— 8,8	31,8	—15,4
4—Ж	7	9,1	—27,0	9,8	—10,2	9,5	—16,8
3—9	Ж	42,9	—17,8	45,6	0	44,6	— 6,6
9—10	9	21,8	—40,6	23,6	—24,2	23,0	—30,6
10—В	10	10,8	—42,2	11,6	—28,2	11,2	—34,6
10—Г	В	11,0	—46,4	11,8	—30,0	11,4	—36,4
11—12	Г	21,8	—46,6	23,6	—30,6	23,0	—36,4
9—13	11	20,9	—50,4	21,8	—35,0	21,5	—41,0
13—А	13	13,4	—46,0	14,0	—30,6	13,9	—36,6
13—Б	А	7,2	—50,4	7,7	—34,0	7,5	—40,2
14—15	Б	20,8	—48,0	21,8	—32,0	21,5	—38,0
	14		—55,4		—41,0		—46,4

Анализируя указанные варианты режимов работы вентиляторов, приходим к выводу, что вариант II является наиболее рациональным по следующим причинам: 1) достигается наименьшая величина действующих напоров на очистных участках (табл. 4); 2) уменьшаются, вследствие первого, подсосы воздуха с поверхности в зоне депрессии, а следовательно, уменьшается опасность самовозгорания; 3) уменьшается влияние всасывающих вентиляторов друг на друга (повышается их устойчивость) в результате уменьшения сопротивления общего участка, на который совместно работают всасывающие вентиляторы [2, 374]; 4) повышается эффективность реверсирования вентиляции в шахте нагнетательным вентилятором; 5) уменьшаются общие внешние потери воздуха у вентиляторов.

Следует отметить, что при составлении плана горных работ шахты, его необходимо увязывать с требованиями вентиляции, в частности, с необходимостью создания зон „нулевых“ давлений в пределах очистных участков. Развитие горных работ должно планироваться

так, чтобы не создавалось положения, при котором один или несколько участков находятся недалеко от воздухоподающего ствола, а другие—на значительном расстоянии. При таком положении, имеющем место на некоторых шахтах Кузбасса, при применении нагнетательно-всасывающего способа мы вынуждены ограничивать компрессию нагнетательного вентилятора величиной в 20—30 мм, равной потере депрессии до ближайшего участка, так как при большей зоне компрессии участок попадет в эту зону, что запрещено Правилами безопасности. В результате нагнетательный вентилятор работает крайне неэкономично, а эффективность нагнетательно-всасывающего способа сводится к нулю, так как он по существу превращается во всасывающий способ.

Такое положение существует, например, на шахте № 5/6 треста „Прокопьевскуголь“, где два нагнетательных вентилятора развивают депрессию в 27 и 46 мм вод. ст., тогда как депрессия отдельных всасывающих вентиляторов превышает 150—200 мм вод. ст.; на шахте им. Вахрушева треста „Киселевскуголь“ один из двух вентиляторов развивает депрессию в 27 мм вод. ст.

Для полной оценки анализируемых вариантов режимов работы вентиляторов необходимо сделать экономическое сравнение их.

При экономическом анализе рассматриваемых вариантов определяем суммы расходов на электроэнергию по всем вентиляторам за год:

$$\Sigma P = \sum_{i=1}^{i=4} \frac{Q_i h_i}{102 \eta_i} 24 \cdot 365 \cdot c, \text{ руб./год},$$

где  $Q_i$ —производительность вентилятора, м<sup>3</sup>/сек;

$h_i$ —депрессия вентилятора, мм вод. ст.;

$\eta$ —к. п. д. вентиляторной установки;

$c$ —стоимость 1 квтч по двухставочному тарифу, 0,13 руб.

Результаты подсчетов показали, что расходы на электроэнергию по I варианту составляют 232400 руб./год; по II варианту—265600 руб./год; по III варианту—250000 руб./год, и варианты почти равноценны.

Контроль за сохранением местоположения „нулевых“ точек и абсолютным давлением на участках предлагается осуществлять следующим образом.

На откаточном штреке с целью изоляции выработанного пространства рекомендуется устанавливать плотную досчатую перемишку  $P$  (рис. 4). В этой перемишке устанавливается депрессиометр, который нормально должен показывать близкую к расчетной величину действующего напора в месте его установки. При изменении действующего напора показания депрессиометра будут также изменяться, и в случае появления компрессии на участке напор нагнетательного вентилятора необходимо уменьшить.

Местоположение зоны „нулевого“ давления можно определить, проведя депрессионную съемку на шахте и построив депрессионную карту. Уместно отметить, что в новых Правилах безопасности (издание 1958 г.) отсутствует требование обязательного проведения депрессионных съемок на шахтах. В то же время другого метода, позволяющего определить с точностью до 1 мм вод. ст. величину и знак абсолютного давления на участках, нет. Таким образом, имеющееся в

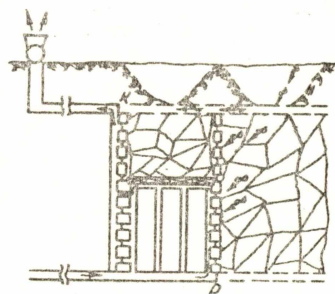


Рис. 4. Схема вентиляции щитового участка.



Правилах безопасности требование о недопущении компрессии в очистных забоях при нагнетательно-всасывающем способе проветривания не подкреплено разработанным методом контроля величины и знака давления.

Поэтому, по нашему мнению, необходимо восстановить в Правилах безопасности требование об обязательном периодическом проведении депрессионных съемок на шахтах.

Так как в Прокопьевско-Киселевском районе почти все эндогенные пожары возникают за счет подсосов воздуха с поверхности (при всасывающем и нагнетательно-всасывающем способах проветривания) через трещины и провалы, то для уменьшения этих подсосов рекомендуется устанавливать на вентиляционном штреке перемычку А (рис. 4).

### Выводы

1. При применении нагнетательно-всасывающего способа проветривания компрессию нагнетательного и депрессии всасывающих вентиляторов рекомендуется подбирать такими, чтобы действующие напоры в пределах очистных участков были минимальными.

2. Компрессия нагнетательного вентилятора должна подбираться такой, чтобы он обеспечивал движение воздуха до участка, потеря депрессии до которого имеет наименьшее значение.

3. Создание минимальных действующих напоров на участках позволяет значительно снизить потери воздуха и опасность возникновения эндогенных пожаров.

4. Чем больше зона компрессии, тем выше устойчивость работы всасывающих вентиляторов.

5. Предварительную проверку режимов работы вентиляторов рекомендуется производить на электрической модели.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Печук И. М., Вентиляция и борьба с газом на шахтах Кузбасса, Углетехиздат, 1946.
2. Скочинский А. А., Комаров В. Б., Рудничная вентиляция Углетехиздат, 1959.
3. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах, Углетехиздат, 1958.

# ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
32	9 стр.	ра оты	работы
65	21 стр.	застрев нии	застревании
65	3 стр.	$\frac{m_c (v_{нк}^2 - v_{вк}^2)}{2} \geq A$	$\frac{m_c (v_{нк}^2 - v_{вк}^2)}{2} \geq A$